

DEMULPLEXADO EN LONGITUD DE ONDA EN EL VISIBLE CON FIBRAS OPTICAS PLASTICAS UTILIZANDO REDES DE DIFRACCION

M. Lomer, L. Robla, F. Madruga, A. Quintela, J.M. López-Higuera

GRUPO DE INGENIERÍA FOTÓNICA.
E.T.S.I.I. TELECOMUNICACIONES, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Avda. LOS CASTROS S/N, 39005 SANTANDER - SPAIN
E-mail : lomer@teisa.unican.es

ABSTRACT

This paper reports the realization of a wavelength demultiplexing using plastic optical fibers and diffraction grating. This device can have applications in communications of short distance as well as applications in optical sensors.

1. Introducción

Las demandas de ancho de banda para satisfacer el aumento exponencial de tráfico de datos hacen que las tecnologías fotónicas jueguen un papel cada vez más importante. Uno de estos dominios son las comunicaciones de cortas distancias (redes LANs, por ejemplo). Una de las técnicas bastante conocidas en las comunicaciones de gran ancho de banda es el multiplexado en longitud de onda (WDM), ésta técnica es desarrollado con éxito en las fibras ópticas standard. Las fibras ópticas plásticas (FOP) están conociendo un desarrollo importante en los últimos años, inicialmente utilizadas en sistemas de iluminación debidas fundamentalmente a las pérdidas de propagación importantes, en la actualidad se han mejorado su procesos de fabricación, empleando nuevos materiales y se han reducido sus pérdidas. Su dominio de aplicación espectral es en visible y van hasta el IR cercano. El multiplexado/demultiplexado en longitud de onda con fibras ópticas plásticas está en sus inicios siendo muy escasos los trabajos presentados [1-2], estos presentan un interés en las comunicaciones como en sensores ópticos. En esta comunicación presentamos una propuesta de demultiplexado con 3 longitudes de onda utilizando fibras ópticas plásticas y redes de difracción. La construcción del montaje simple demuestra esta posibilidad.

2. Teoría.

Una red de difracción es una estructura periódica que puede trabajar en transmisión o reflexión. Dentro de sus

propiedades principales se encuentran la respuesta espectral y la selectividad en longitud de onda. La ecuación de la red de difracción es dada por [3]:

$$\text{Sen}\theta_d = \text{Sen}\theta_i + \frac{\lambda}{\Lambda} p \quad (1)$$

donde θ_d y θ_i son respectivamente los ángulos de difracción e incidente del haz de luz, λ su longitud de onda y Λ es el periodo de la red de difracción. p es un número entero y representa el orden de difracción ($p = \pm 1, \pm 2, \dots$).

La diferencia de camino óptico entre el haz difractado con respecto al incidente es dado por:

$$\delta = \Lambda (\text{Sen}\theta_d - \text{Sen}\theta_i) = \lambda \cdot p \quad (2)$$

La difracción angular en función de la longitud de onda (en incidencia normal) es:

$$\frac{d\theta_d}{d\lambda} = \frac{p}{\Lambda \cos\theta_d} \quad (3)$$

La ec. (3) muestra que se puede separar angularmente las longitudes de onda. El límite corresponderá al ancho angular del spot de difracción del conjunto de la superficie de la red en la dirección θ_d .

Si se ubica una red de difracción, paralela a la superficie de salida de una fibra óptica multimodo (Fig. 1), éste puede trabajar en transmisión y los ordenes difractados pueden ser caracterizados por:

$$\text{Sen}\theta_{d_p} = \frac{\lambda}{\Lambda} p \quad (4)$$

Si en la ecuación (4) el periodo es constante, las diferentes longitudes de ondas que se propagan dentro de la fibra pueden ser separadas espectralmente (Fig. 2). Haciendo una aplicación numérica con 3 longitudes de onda ($\lambda_1=430$ nm, $\lambda_2=530$ nm y $\lambda_3=660$ nm), una red de 555 líneas/mm, teniendo en cuenta una incidencia normal y considerando únicamente el orden $p=+1$. Los índices de refracción de donde proviene el haz incidente corresponde al núcleo de la fibra óptica utilizada, en este caso son:

$n=1,509$ ($\lambda_1=430$ nm), $n=1,494$ ($\lambda_2=530$ nm) y $n=1,487$ ($\lambda_3=660$ nm). Se tendrían separaciones angulares: $\theta_1(\lambda_1)=13,8^\circ$, $\theta_2(\lambda_2)=17,1^\circ$ y $\theta_3(\lambda_3)=21,5^\circ$ respectivamente.

Para aplicaciones prácticas, es necesario limitar el número de órdenes difractados, si es posible disponer de un solo orden de difracción, donde se pueda concentrar toda la energía y de esta forma aumentar la eficiencia de difracción. Una posibilidad sería aumentar la cantidad de líneas (periodo) de la red o modificando el ángulo de incidencia. Explotando ésta última posibilidad, por ejemplo para un ángulo $\theta_i=-55^\circ$ y manteniendo las mismas condiciones anteriores, se tendrían ángulos de difracción: $\theta_1(\lambda_1)=-82,3^\circ$, $\theta_2(\lambda_2)=-69,3^\circ$ y $\theta_3(\lambda_3)=-59,7^\circ$ respectivamente.

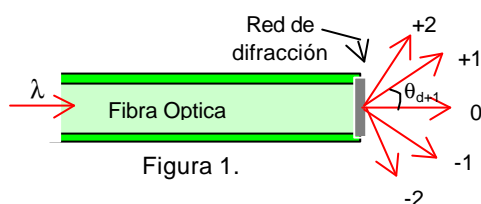


Figura 1.

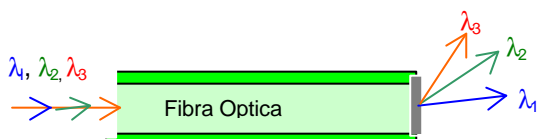


Figura 2.

Como se puede observar, la separación angular es mas importante y también entre las longitudes de onda, por lo que puede ser mas fácil recolectar cada una de ellas en salida con otras fibras.

3. Experiencia.

Para la demostración de nuestro trabajo hemos utilizado fibras ópticas plásticas de 1 mm de diámetro, donde 0.98 mm corresponden al núcleo, diodos LEDs (LasIRvis Optoelectronic Components): azul ($\lambda=430$ nm), verde ($\lambda=530$ nm) y rojo ($\lambda=660$ nm) y una red de difracción adherida a la faceta de salida de la fibra FOP de 555 líneas/mm (red realizada en película fina). El corte en ángulo de la faceta de salida de la fibra FOP proporciona el ángulo de incidencia en la red. Para esto se ha ubicado la fibra FOP en un bloque de metacrilato y pulido la fibra en ángulo de $\alpha=55^\circ$ (Fig. 3). La luz ha sido inyectada de manera individual para cada longitud de onda y a una distancia de 5 mm del extremo de salida de la fibra se han ubicado una pantalla y procedido a medir los ángulos difractados. Una mejor observación del efecto físico se

obtiene sumergiendo el demultiplexor en un líquido, por ejemplo agua.

Utilizando fibras ópticas recolectoras, enfrentadas a las direcciones de difracción de las longitudes de onda de salida del demultiplexor, éstas pueden seguir caminos independientes y ser tratadas.

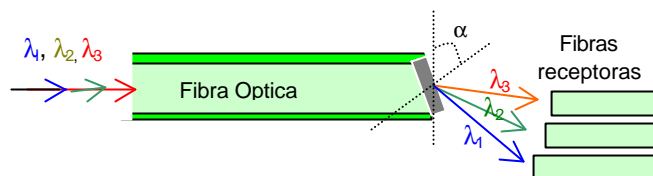


Figura 3.

4. Conclusión.

Se ha demostrado teórica y experimentalmente el funcionamiento de un demultiplexor (multiplexor) en longitud de onda en fibras plásticas utilizando redes de difracción de 550 líneas/mm. Una mejora en la separación espacial de las longitudes de onda puede ser aumentando la cantidad de líneas de la red permitiendo tener un solo orden de difracción. Las aplicaciones de este dispositivo puede ser muy útil en las comunicaciones de cortas distancias, aprovechando las facilidad de manipulación que ofrecen las fibras plásticas. Una extensión de sus aplicaciones también pueden ser previstas en el sensado óptico de parámetros físicos o en redes de sensores.

Agradecimientos: Se hace constar que este trabajo es soportado por la CICYT, a través del proyecto: CICYT.TIC2001-0877-CO2-01, razón por la que los autores muestran su agradecimiento. Así mismo, agradecemos al Prof. J. Zubía de la Universidad del País Vasco por la donación de la red de difracción.

REFERENCIAS

- [1] H.H.F. Hundscheidt, H. de Waardt, H.P.A. van den Boom, "Wavelength division demultiplexing for a GIFOP transmission system", Fifth International Conference on Plastic Optical Fibers & Applications", October 1996.
- [2] R. Attia, E. Benahia, M. Zghal, "Wavelength multiplexing and demultiplexing for plastic optical fibres using diffraction grating", Fifth International Conference on Plastic Optical Fibers & Applications", October 1996.
- [3] E.G. Loewen and E. Popov, "Diffraction Grating and Application", Marcel Dekker, Inc. N.Y. 1997.